مدخل :

عند تصميم مختلف المنشآت الهندسية (أجهزة – آلات- أبنية ..) يلزم تحديد أبعاد عناصرها والمواد التي ستصنع منها بحيث يضمن هذا التصميم سلامة الإنشاء الهندسي في أثناء الاستخـــدام لعمر طويـــل واقتصادي .

إن حل مثل هذه المسائل يعتمد على مجموعة من العلوم تدعى بميكانيك الأجسام الصلبة القابلـــة للتشوه والتي أحد أقسامها الرئيسية هو علم مقاومة المواد .

- **ما هو المقصود بعلم مقاومة المواد :**

مقاومة المواد هو علم وظيفته دراسة متانة وصلابة عناصر الإنشاءات الهندسية أو بعبارة أخرى هو علم وظيفته البحث عن القوى الداخلية في الجسم وعن التغيرات الناتجة بفعل تأثير قوى خارجية مطبقة على هذا الجسم وإيجاد الشروط الكفيلة بجعل الجسم يلبي الغاية المطلوبة دون انهياره .

- **ما هي مسائل مقاومة المواد ؟**

١- تحديد أبعاد وأشكال عناصر المنشآت الهندسية بحيث تعمل دون انهيار.
٢- التحقق من متانة المنشأة الهندسية أي التأكد من أن المنشأة الهندسية تستطيع تحمل الحمولات الخارجية وتقاوم تأثيرها .
٣- تحديد الحمولات الأعظمية التي يمكن أن تتحملها المنشأة الهندسية.
٤- تحديد المعدن المناسب الذي ستصنع منه المنشأة الهندسية بحيث يلبي الغاية المطلوبة .

- **الفرضيات المعتمدة في مقاومة المواد :**

١- المادة وسط مستقر ومصمت وهذه الفرضية مقبولة بدقة كافية من أجل المعادن.
٢- المادة وسط متجانس أي أن الخواص الفيزيائية واحدة بكافة الاتجاهات.
٣- المادة ايزوتروبية أي أن عامل المرونة واحد في كافة الاتجاهات.
٤- يتوقف وجود القوى الداخلية على وجود القوى الخارجية .

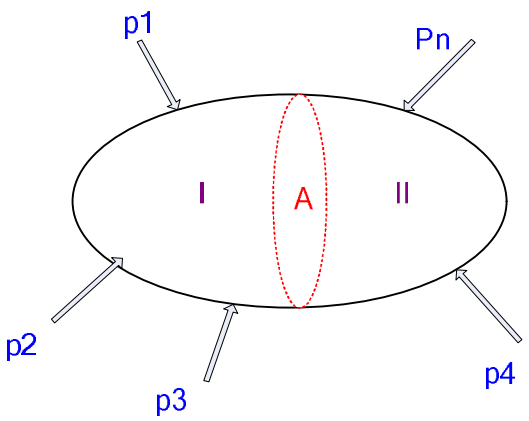
القوى الداخلية ـطريقة تعيينها :

القوى الداخلية بالتعريف هي قوى ناتجة عن تأثير قوى خارجية مطبقة على الجسم .تؤثر هذه القوى الداخليـــة في ذرات المادة المكونة للجسم وتحاول أن تغير من ترتيبها غير أن قوى التجاذب بين ذرات المادة تقاوم هذا التأثير وتحاول الإبقاء على الشكل الأصلي للجسم .

من أجل الكشف عن وجود القوى الداخلية نستخدم في مقاومة المواد طريقة القطع .

ليكن لدينا جسم ما خاضع لتأثير قوى خارجية متوازنة p1,p2,p3,.....pn

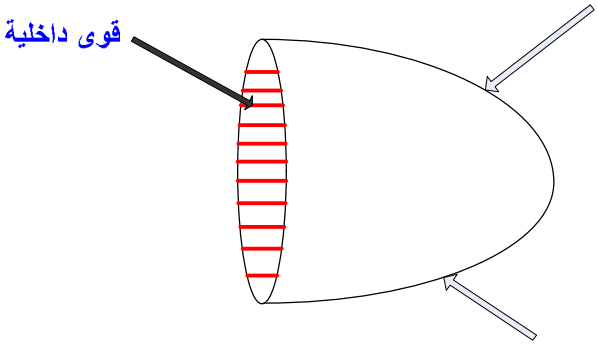
وبما أن القوى متوازنة فإن محصلتها تساوي الصفر أي أن الجسم سيبقى ساكناً تحت تأثير هذه القوى



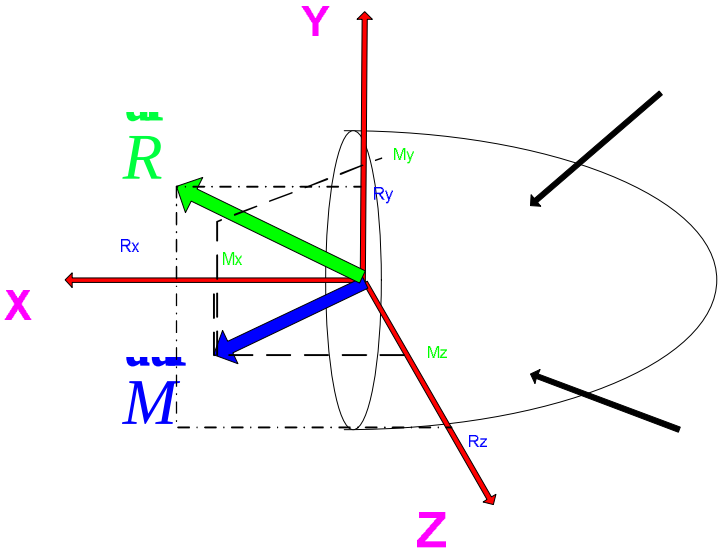
لنقطع هذا الجسم بواسطة المستوي (A) إلى جسمين (i), (ii) فإذا أزحنا القسم (i) فإن القسم (ii) سيفقد توازنه ولكي نحافظ على توازن هذا القسم يجب أن نطبق في المقطع A قوى بحيث يكون مجمل تأثيرها تعادل تماماً تأثير القسم (i) على (ii) قبل عملية القطع والفصل بين القسمين .

نسمي مجموعة القوى هذه التي طبقت في المقطع A لكي تحافظ على توازن القسم (ii) بالقوى الداخلية .

إن قانون توزع هذه القوى الداخلية غير معروف باعتبارها مجموعة غير متناهية من القوى المتناهية في الصغر والمؤثرة في ذرات المادة .



وبالتالي نستعيض عن هذه القوى بمحصلة رئيسة $\vec{R}$ ذات منحى مائل بصورة عامة وعزم رئيس $\vec{M}$ ذو منحى مائل بالحالة العامة .
من أجل السهولة سنستعيض أيضاً عن المحصلة $\vec{R}$ و $\vec{M}$ بالمركبات باتجاه المحاور الإحداثية x,y,z المارة من مركز ثقل المقطع .



مساقط القوى Rx,Ry,Rz ، مساقط العزم Mx,My,Mz نسمي هذه المركبات الست بعناصر القوى الداخلية .
لمعرفة القوى الخارجية نحدد عناصر القوى الداخلية هذه من معادلات التوازن المعروفة .
مجموع مساقط القوى باتجاه المحاور الإحداثية يساوي إلى الصفر

$$\sum Fx = 0; \sum Fy = 0; \sum Fz = 0$$

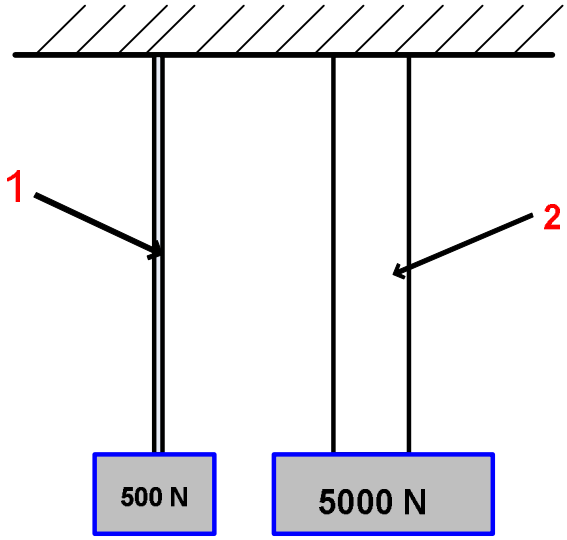
مجموع عزوم القوى حول المحاور الإحداثية يساوي إلى الصفر

$$\sum Mx = 0; \sum My = 0; \sum Mz = 0$$

الإجهادات

إن معرفة القوى الداخلية لا تمكننا من تقدير شدة متانة الأجسام المنفعلة لذلك علينا إدخال مفهوم جديد من أجل ذلك والذي ندعوه بالإجهاد .

ويمكن إيضاح ذلك من خلال المثال البسيط التالي :



ليكن لدينا قضيبين بطول واحد ومصنوعين من مادتين مختلفتين ومتدليين من حامل واحد وفق الشكل.
فإذا كانت كل معرفتنا عن هذين القضيبين هي الأحمال الأعظمية التي يمكن أن يتحملها كل من هذين القضيبين . هذه المعطيات لا تمكننا من معرفة أي المادتين هي الأقوى ، صحيح أن القضيب 2 يحمل حملاً أكبر إلا أنه من أجل الحكم على متانة القضيبين نحتاج إلى قاعدة (أساس للمقارنة) .

بالنسبة لمثالنا هذا، الأساس هو مساحة المقطع العرضاني أي يجب أن نعرف مساحة المقطع العرضاني .

وبالتالي يمكننا إجراء عملية المقارنة . نحصر المعلومات التي لدينا بشدة التحميل من أجل واحدة السطوح

وحدة القضيب الأول :

$$s_1 = \frac{500[N]}{10[mm^2]} = \frac{500}{10*10^{-6}m^2} = 50.10^6[N/m^2]$$

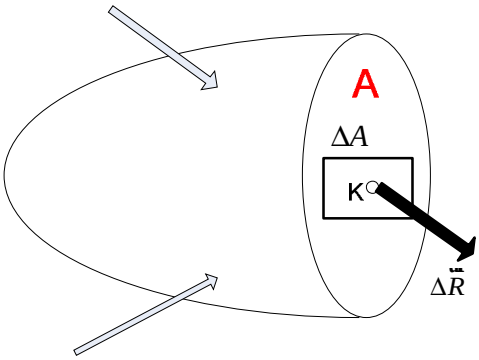
$$s_2 = \frac{5000[N]}{1000[mm^2]} = \frac{500}{1000*10^{-6}m^2} = 5.10^6[N/m^2]$$

نلاحظ أن مقاومة القضيب 1 تعادل عشرة أضعاف مقاومة القضيب 2 .

تعرف وحدة مقاومة المواد بالإجهاد ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية :

$s = \frac{p[N]}{A[m^2]}$ القوة تقدر بالنيوتن والسطح m^2 وبالتالي الإجهاد $\frac{[N]}{[m^2]}$

نسمي الباسكال $(\frac{[N]}{[m^2]})$ حيث $1\ pa = \frac{[N]}{[m^2]}$ $M\ pa = 10^6 \frac{[N]}{[m^2]}$



لندرس مقطع A من الجسم الخاضع لتأثير مجموعة من القوى الخارجية المتوازنة ولنأخذ حول النقطة K من المقطع A مساحة عنصرية صغيرة ΔA ، يمكننا اعتبار محصلة القوى الداخلية المؤثرة على المساحة العنصرية الصغيرة وهي $\Delta \vec{R}$ ذات منحى مائل في الحالة العامة .

نسمي النسبة $\vec{P}' = \frac{\Delta \vec{R}}{\Delta A}$ بشعاع الإجهاد الوسطي على المساحة العنصرية ΔA .

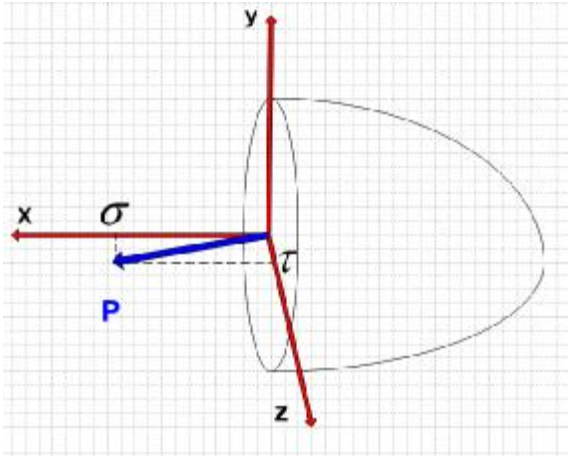
لو قمنا بتصغير المساحة العنصرية (ΔA) بحيث تنتهي في النقطة K أي جعل $\Delta A \to 0$ عندئذ نحصل على المقدار الشعاعي $\vec{p} = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta \vec{R}}{\Delta A}$

والذي يسمى الشعاع الإجهاد الكلي في النقطة K من أجل السطح A .

لو مررنا من النقطة K مستوياً قاطعاً آخر فإن شعاع الإجهاد $\vec{p}$ في الحالة العامة سيتغير .

إن مجموعة أشعة الإجهادات في النقطة المدروسة والموافقة لجميع المستويات المارة من تلك النقطة تشكل ما يسمى بالحالة الإجهادية في تلك النقطة ويمكننا في الحالة العامة أن نعرف الإجهاد بأنه مقدار القوى الداخلية المؤثرة في واحدة السطوح من الجسم .

سنستخدم في دراستنا المقبلة مساقط شعاع الإجهاد الكلي في النقطة المدروسة باتجاه المحاور الإحداثية المارة من تلك النقطة .



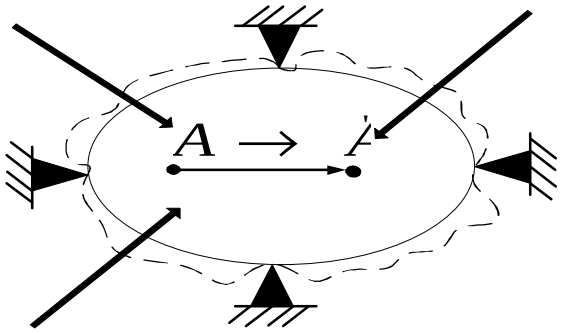
نسقط شعاع الإجهاد الكلي P باتجاه المحور X الناظم نرمز له بالرمز s ويسمى بالإجهاد الناظمي أو المحوري .
نسقط شعاع الإجهاد P باتجاه مستوي المقطع نرمز له بالرمز t ويدعى بالإجهاد المماسي أو إجهاد القص .

الانتقالات – الانفعالات :

لا يوجد في الطبيعة أجسام مطلقة الصلابة فجميع الأجسام تكون قابلة للانفعال (قابلة للتشوه) .

ليكن لدينا جسم مرن خاضع لتأثير مجموعة من القوى الخارجية وبفرض أن هذا الجسم مثبت بحيث يمنع هذا التثبيت حركة الجسم ككل .

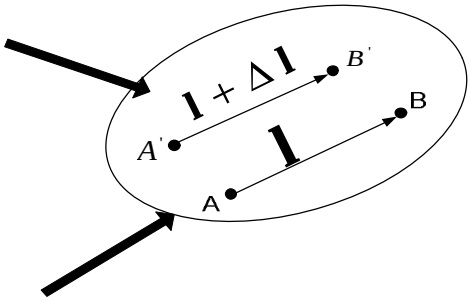
النقطة A نقطة من الجسم قبل الانفعال وتطبيق القوى الخارجية .



بعد تطبيق القوى الخارجية وانفعال الجسم ، النقطة A ستنتقل إلى الوضع A' .
نسمي الشعاع الذي مبدؤه نقطة ما من الجسم قبل الانفعال A ونهايته نفس النقطة بعد الانفعال A' بشعاع الانتقال الكلي في النقطة .

مساقط شعاع الانتقال الكلي تجاه المحاور الإحداثية X,Y,Z تدعى على التسلسل u,v,w

لندرس الآن النقطتين A,B الواقعتين على مسافة $\mathbf{l}$ من بعضها قبل الانفعال ونطبق القوى الخارجية .



بعد تطبيق القوى الخارجية وانفعال الجسم تصبح في الموقع A', B' ويزداد الطول $\mathbf{l}$ بمقدار $\Delta\mathbf{l}$
نسمي النسبة $e = \dfrac{\Delta\mathbf{l}}{\mathbf{l}}$ بالانفعال الوسطي للقطعة $\mathbf{l}$.

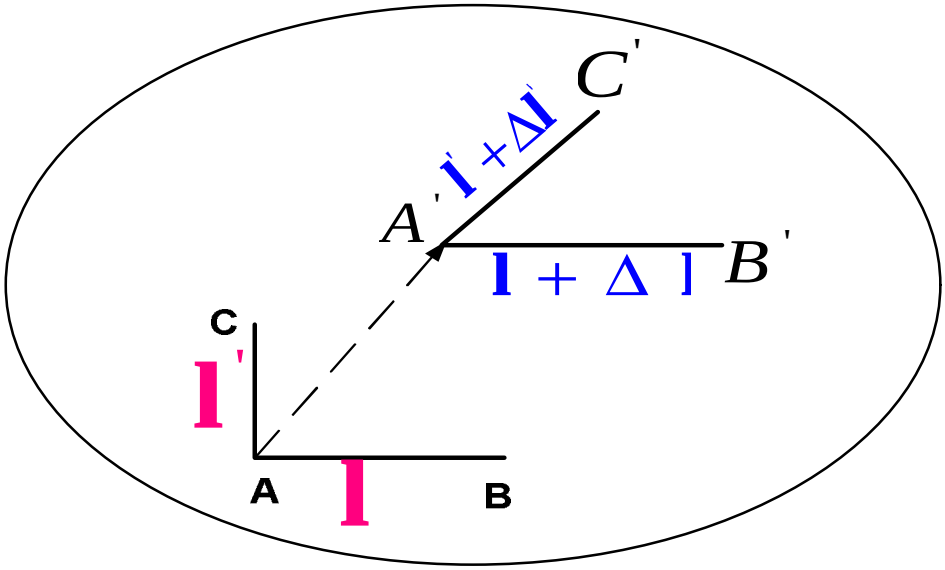
لو قمنا الآن بتقريب النقطة B من A بحيث تنتهي في A أي نجعل $\mathbf{l} \to 0$ عندئذ نحصل على النسبة $e_{AB} = \lim\limits_{\mathbf{l}\to 0} \dfrac{\Delta\mathbf{l}}{\mathbf{l}}$ والذي ندعوها بالانفعال الكلي في النقطة A بالاتجاه AB.

بتغيير اتجاه AB يتغير الانفعال الخطي في الحالة العامة .

ولتوضيح فكرة اصطلاح الانفعال الزاوي ندرس القطعتين المتعامدتين AB,AC قبل الانفعال من الجسم المدروس .

بعد الانفعال نحصل على $A'B'$ و $A'C'$ وفق الشكل وبفرض الزاوية القائمة تصبح حادة .

لو قمنا بتقريب $B \to A$ و $C \to A$ بحيث تبقى الزاوية القائمة قبل الانفعال قائمة نحصل على التغيير الزاوي



$$g_{Bac} = \lim_{\substack{l \to 0 \\ l' \to 0}} (B\hat{A}C - B'\hat{A}'C')$$

ندعوه بالانفعال الزاوي ويقدر بالراديان .

نسمي الانفعال الخطي باتجاه المحاور الإحداثية ex, ey, ez

نسمي الانفعال الزاوي في المستويات الإحداثية g_{xy}, g_{yz}, g_{xz}

إن مجموعة الانفعالات الخطية في النقطة المدروسة الخطية والزاوية باتجاهات ومستويات مختلفة تشكل ما يسمى بالحالة الانفعالية لتلك النقطة .

WWW.Mechgate.Com

Knight